

4. Шаяхметов А.Б. Перспективы перехода на водородное топливо / А.Б. Шаяхметов // Наука и техника Казахстана. 2017.

5. Дигонский С.В., Тен В.В. Неизвестный водород. – СПб.: Наука, 2006. – 234 с.

6. Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В. Теплотехника металлургического производства. Т. 1. Теоретические основы: учебное пособие для вузов – М.: МИСИС, 2002. – 608 с.

УДК 621.745.343.2

**Д. А. Дерябин, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛОВАТНОГО РАСПЛАВА**

**Аннотация.** *Технология производства минераловатных теплоизоляционных материалов задумывалась как способ использования вторичных материальных ресурсов металлургического производства (шлаки). Однако в процессе совершенствования качества производимой продукции возникли предложения по замене части кремнийсодержащих материалов на природные базальты с повышением модуля кислотности расплава с 1,2 до 1,6-1,8 и выше. Этот процесс характеризуется повышением качества минераловатных изделий (огнеупорность, термическая стойкость, долговечность, противодействие внешним воздействиям окружающей среды). Однако процесс производства высокомодульного минерального расплава сопровождается снижением производительности плавильного агрегата, повышением энергетических затрат и ухудшением условий производства конечных изделий.*

**Ключевые слова:** *доменный шлак, модуль кислотности, минераловатная вагранка, состав шихты, материальный баланс, конструктивные параметры, расчет теплового баланса.*

**Abstract.** *The technology of production of mineral wool thermal insulation materials was conceived as a way of using secondary material resources of metallurgical production (slags). However, in the process of improving the quality of products, there were proposals to replace some of the silicon-containing materials with natural basalts with an increase in the modulus of acidity of the melt from 1.2 to 1.6-1.8 and higher. This process is characterized by an increase in the quality of mineral wool products (fire resistance, thermal resistance, durability, resistance to external environmental influences). However, the process of producing a high-modulus mineral melt is accompanied by a decrease in the productivity of the melting unit, an increase in energy costs and a deterioration in the production conditions of the final products.*

**Key words:** *slag, modulus of acidity, mineral wool cupola, charge composition, material balance, design parameters, heat balance calculation.*

Для регулирования модуля кислотности шихты в большинстве случаев используют известняк или доломит. Отличительной особенностью их тепловой обработки является эндотермический характер протекания процесса разложения с уменьшением массы конечного продукта практически на 40 %. Поэтому на ряде

отечественных предприятиях для улучшения технико-экономических показателей стали применять вместо известняка шлаки доменного производства с основностью около 1,0. Такая замена позволяет избежать негативных последствий изменения модуля кислотности на показатели работы плавильных агрегатов [1].

Рассмотрим изменение основных показателей работы минераловатной вагранки завода «Эковер» при переходе с известняка на доменный шлак. Химический состав применяемых шихтовых компонентов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав шихтовых компонентов

| Вид материала | Химический состав, % |                                |       |       |      |
|---------------|----------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
|               | SiO <sub>2</sub>     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | FeO  |
| Габбро        | 48,62                | 10,28                          | 17,19 | 13,72 | 5,27 |
| Известняк     | 0,93                 | 0,15                           | 52,19 | 4,25  | 0    |
| Доменный шлак | 32,0                 | 13,0                           | 50,0  | 1,5   | 0    |
| Зола кокса    | 53,0                 | 29,0                           | 5,6   | 1,0   | -    |

Из таблицы 2 и рисунка 1 можно понять, что с увеличением модуля кислотности количество минерального расплава уменьшается. Экономия выходит примерно около 5 кг.

Таблица 2

Минеральный расплав

| Компонент                      | Модуль кислотности |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                | 1                  | 1,1      | 1,2      | 1,3      | 1,4      | 1,5      | 1,6      | 1,7      | 1,8      |
| Габбро                         |                    |          |          |          |          |          |          |          |          |
| SiO <sub>2</sub>               | 6,36922            | 12,73844 | 18,37836 | 23,48346 | 28,10236 | 32,28368 | 36,07604 | 39,57668 | 42,7856  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,34668            | 2,69336  | 3,88584  | 4,96524  | 5,94184  | 6,82592  | 7,62776  | 8,36792  | 9,0464   |
| CaO                            | 2,25189            | 4,50378  | 6,49782  | 8,30277  | 9,93582  | 11,41416 | 12,75498 | 13,99266 | 15,1272  |
| MgO                            | 1,79732            | 3,59464  | 5,18616  | 6,62676  | 7,93016  | 9,11008  | 10,18024 | 11,16808 | 12,0736  |
| Доменный шлак                  |                    |          |          |          |          |          |          |          |          |
| SiO <sub>2</sub>               | 27,008             | 22,816   | 19,104   | 15,744   | 12,704   | 9,952    | 7,456    | 5,152    | 3,04     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,972             | 9,269    | 7,761    | 6,396    | 5,161    | 4,043    | 3,029    | 2,093    | 1,235    |
| CaO                            | 42,2               | 35,65    | 29,85    | 24,6     | 19,85    | 15,55    | 11,65    | 8,05     | 4,75     |
| MgO                            | 1,266              | 1,0695   | 0,8955   | 0,738    | 0,5955   | 0,4665   | 0,3495   | 0,2415   | 0,1425   |
| Зола кокса                     |                    |          |          |          |          |          |          |          |          |
| SiO <sub>2</sub>               | 10,6               | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,8                | 5,8      | 5,8      | 5,8      | 5,8      | 5,8      | 5,8      | 5,8      | 5,8      |
| CaO                            | 1,12               | 1,12     | 1,12     | 1,12     | 1,12     | 1,12     | 1,12     | 1,12     | 1,12     |
| MgO                            | 0,2                | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      |
| Шихта                          |                    |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Сумма                          | 110,9311           | 110,0547 | 109,2787 | 108,5762 | 107,9407 | 107,3653 | 106,8435 | 106,3618 | 105,9203 |

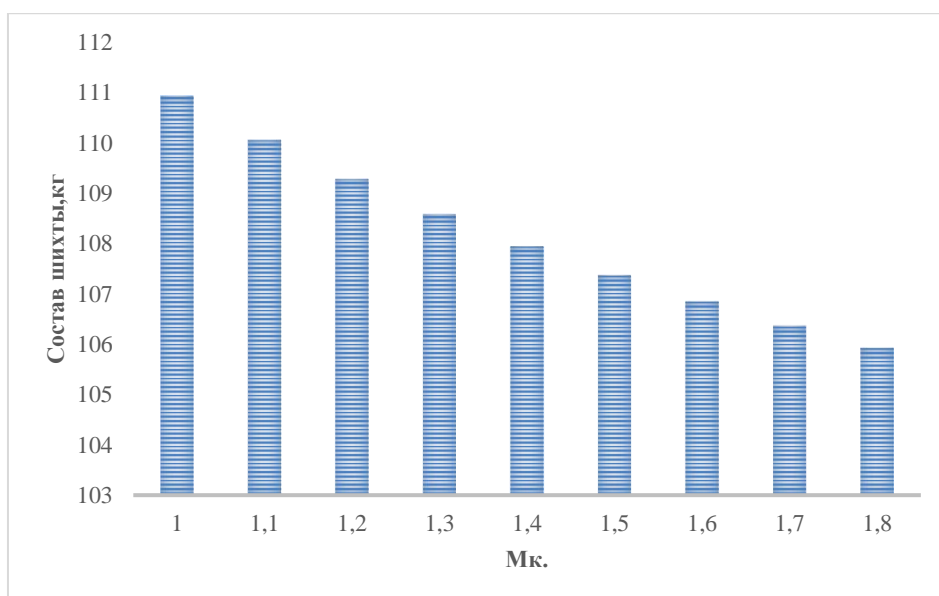


Рис. 1. Зависимость состава шихты от модуля кислотности

Материальный баланс – это соотношение между количествами исходных материалов, полученного готового продукта, отходами производства и материальными потерями.

По данным таблицы 3 и рисунка 2 можно понять, что с увеличением модуля кислотности расход материального баланса уменьшается, из этого следует, что на плавку в вагранке будет тратиться меньше сырья.

Таблица 3

### Материальный баланс

| Приход массы |          |          |                |          |               |          |       |          |        |     |  |
|--------------|----------|----------|----------------|----------|---------------|----------|-------|----------|--------|-----|--|
|              | Кокс     |          | Габбро         |          | Доменный шлак | Воздух   |       | Приход   |        |     |  |
| Мк.          | кг       | %        | кг             | %        | кг            | %        | кг    | %        | кг     | %   |  |
| 1            | 20       | 9,71251  | 13,1           | 6,361694 | 84,4          | 40,98679 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,1          | 20       | 9,71251  | 26,2           | 12,72339 | 71,3          | 34,6251  | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,2          | 20       | 9,71251  | 37,8           | 18,35664 | 59,7          | 28,99184 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,3          | 20       | 9,71251  | 48,3           | 23,45571 | 49,2          | 23,89277 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,4          | 20       | 9,71251  | 57,8           | 28,06915 | 39,7          | 19,27933 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,5          | 20       | 9,71251  | 66,4           | 32,24553 | 31,1          | 15,10295 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,6          | 20       | 9,71251  | 74,2           | 36,03341 | 23,3          | 11,31507 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,7          | 20       | 9,71251  | 81,4           | 39,52991 | 16,1          | 7,81857  | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| 1,8          | 20       | 9,71251  | 88             | 42,73504 | 9,5           | 4,613442 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| Среднее      | 20       | 9,71251  | 54,8           | 26,61228 | 42,7          | 20,73621 | 88,42 | 42,93901 | 205,92 | 100 |  |
| Расход массы |          |          |                |          |               |          |       |          |        |     |  |
|              | Расплав  |          | Отходящие газы | Расход   |               |          |       |          |        |     |  |
| Мк.          | кг       | %        | кг             | %        | кг            | %        |       |          |        |     |  |
| 1            | 110,93   | 53,66196 | 95,79          | 46,33804 | 206,72        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,1          | 110,05   | 53,46386 | 95,79          | 46,53614 | 205,84        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,2          | 109,28   | 53,28912 | 95,79          | 46,71088 | 205,07        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,3          | 108,58   | 53,12913 | 95,79          | 46,87087 | 204,37        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,4          | 107,94   | 52,98189 | 95,79          | 47,01811 | 203,73        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,5          | 107,37   | 52,84997 | 95,79          | 47,15003 | 203,16        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,6          | 106,84   | 52,72664 | 95,79          | 47,27336 | 202,63        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,7          | 106,36   | 52,6144  | 95,79          | 47,3856  | 202,15        | 100      |       |          |        |     |  |
| 1,8          | 105,92   | 52,51103 | 95,79          | 47,48897 | 201,71        | 100      |       |          |        |     |  |
| Среднее      | 108,1411 | 53,02533 | 95,79          | 46,97467 | 203,9311      | 100      |       |          |        |     |  |

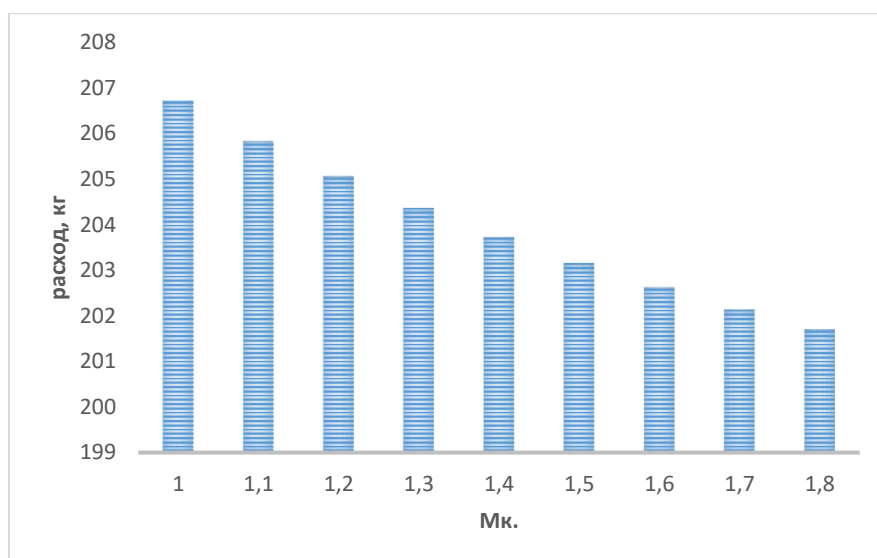


Рис. 2. Зависимость расхода массы шихты от модуля кислотности

### Список использованных источников

1. Жилин А.И. Минеральная вата / Под ред. В.А. Китайцева. – М.: Промстройиздат, 1953. – 236 с.
2. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Бедарев С.А. Теория и практика интенсификации технологического процесса в шахтных агрегатах малого диаметра. – М.: Теплотехник, 2010. – 379 с.
3. Гордон Я.М. Тепловая работа шахтных печей с плотным слоем / Я.М. Гордон [и др.]. – М.: Metallurgiya, 1989. – 120 с.
4. Лисиенко В.Г. Теплофизика металлургических процессов: учебное пособие для вузов / В.Г. Лисиенко, В.И. Лобанов, Б.И. Китаев. – М.: Юрайт, 2021. – 220 с.

УДК: 669.04

**О. А. Евтехова, И. А. Прибытков**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет (НИТУ) «МИСиС»», г. Москва, Россия

### К ВОПРОСУ О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО АЗОТА С ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТАЛЛА

**Аннотация.** Целью работы являлась постановка задачи численного моделирования процесса взаимодействия высокотемпературной струи азота с плоской поверхностью при использовании целевидного сопла. Проведён анализ исследований данного вопроса, который показал необходимость учёта влияния таких параметров, как расстояние от среза сопла до поверхности металла ( $h$ ), скорость истечения азота из сопла ( $U_0$ ), диаметр сопла ( $d$ ), температура истечения азота ( $T_0$ ), так как они оказывают существенное влияние на аэродинамические характеристики струй при взаимодействии их с нагреваемой